Niveau(x) d'enseignement: 4 Numéro EDUQ : 8570443
Centre d'intérêt: 874

Bouliane, Guy.

Apprentissage du soudage à l'arc électrique par l'utilisation d'un simulateur / par Guy Bouliane ; [pour l'] Université du Québec à Montréal, Département des sciences de l'éducation. -- Montréal : L'Université, 1984.
iii, 84, [3] f. ; 28 cm.

"Projet réalisé grâce à la subvention 82-0MP-07 du Ministère de l'éducation du Québec (P.P.M.E.P.)". Bibliogr.: p. [86-87].

Descripteur(s): *Techniques physiques *Formation professionnelle *Simulation *Secondaire (Niveau)

Identificateur(s) de sujet: *Soudage *Hydrothermie

L'objectif général de la recherche est de comparer l'efficacité de l'enseignement du soudage à l'arc électrique fait à l'aide d'un simulateur et d'une démarche pédagogique traditionnelle. Plus précisément, il s'agissait de comparer: 1. la méthode par simulation et la méthode traditionnelle; 2. la méthode mixte (réalité-simulation) et la méthode traditionnelle; 3. la méthode mixte (réalité-simulation) et la méthode par simulation.

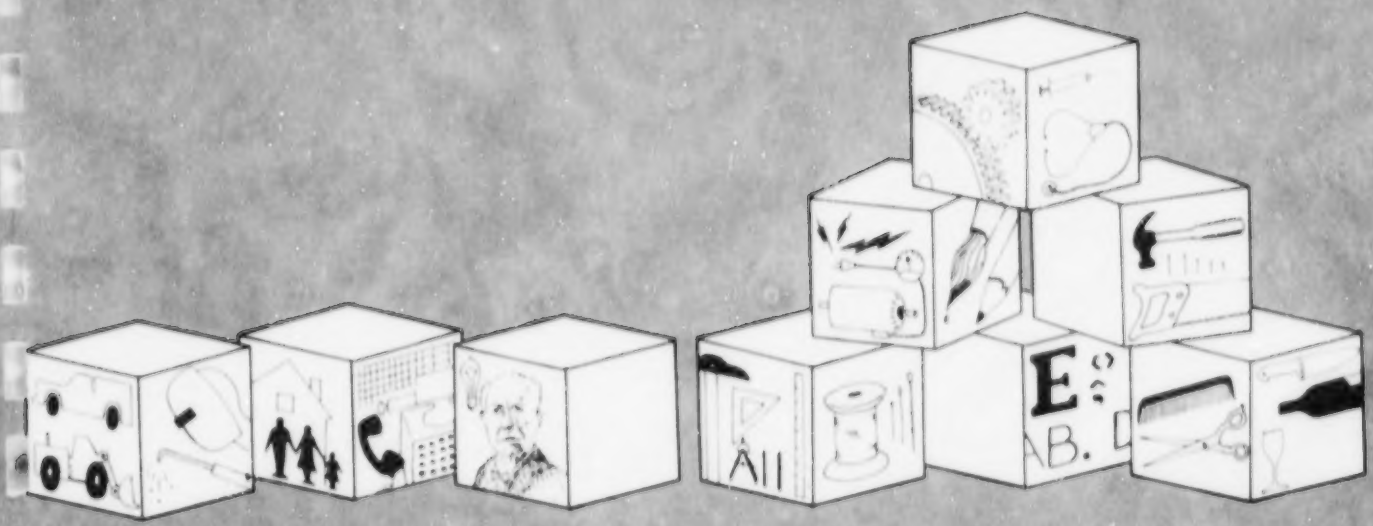
Deux hypothèses sont formulées: 1. que l'utilisation d'un simulateur est aussi efficace, en terme d'atteinte des objectifs cognitifs et psychomoteurs poursuivis, que l'utilisation d'équipement réel; 2. qu'un enseignement mixte intégrant l'utilisation de la réalité et celle d'un simulateur est aussi efficace en terme d'atteinte des objectifs cognitifs et psychomoteurs que la réalité seule ou que la simulation seule. Trente étudiants adultes débutants dans l'apprentissage du soudage à l'arc électrique furent choisis pour l'expérimentation, dix pour chaque type d'enseignement (méthode traditionnelle, méthode du simulateur, méthode mixte). Les travaux exécutés par ces étudiants furent évalués par un jury de cinq juges.

Les résultats de l'expérimentation montrent qu'il n'y a aucune différence significative entre les formes d'apprentissage: quelle que soit la méthode, traditionnelle ou par simulation, la performance finale est sensiblement la même. Le simulateur, toutefois, présente des avantages importants pour ce qui est des aspects pédagogique et sécuritaire.

Type de document: r
Financement: Bénéficiaire - UQAM
Organisme(s) source(s) - MEQ-DGERU
Programme(s) de subvention - PPMEP

EDUQ 8570443

Université du Québec à Montréal
Département des sciences de l'éducation



projet réalisé au
baccalauréat en enseignement professionnel
et subventionné dans le cadre du
programme de perfectionnement des maîtres
en enseignement professionnel (P.P.M.E.P.)

EDUQ 8570443

APPRENTISSAGE DU SOUDAGE A L'ARC ELECTRIQUE PAR L'UTILISATION D'UN SIMULATEUR

PAR

GUY BOULIANE

PROJET REALISE GRACE A LA

SUBVENTION 82-QMP-07

DU MINISTERE DE L'EDUCATION DU QUEBEC (P.P.M.E.P.)

UNIVERSITE DU QUEBEC A MONTREAL

(DEPOT LEGAL - 4e TRIMESTRE 1984)

REMERCIEMENTS

Cette recherche n'aurait pu se faire sans la participation volontaire de trente étudiants qui ont servi comme sujets de l'expérimentation. Ils ont été recrutés dans trois commissions scolaires de la région de Montréal. Nous tenons à remercier messieurs Yves Gagnon, François Poirier ainsi que Roger Hecq qui nous ont permis d'une part l'accès aux écoles et ateliers respectifs et d'autre part la possibilité d'utiliser leurs étudiants comme sujets.

Nous désirons également remercier messieurs Yves Gagnon, Donald Dicaire, François Poirier, Pierre Brûlé et Yves Chapleau pour leur précieuse collaboration en tant que membres du jury ainsi que de leurs conseils judicieux.

D'autres remerciements sont pour le Dr. Claude Gaudet Ph. D. et le Dr. Gabrielle Cantin Ph. D. tous deux de l'Université de Montréal, qui ont agi comme directeurs de cette recherche pour le chercheur principal.

Enfin, pour son importante collaboration dans l'élaboration du projet, le calcul des statistiques, le travail de traitement de texte et sa grande disponibilité, nous tenons à remercier le Dr. Serge Berthelot Ph. D. de l'Université du Québec à Montréal.

TABLE DES MATIERES

Remerciements ii

Table des matières iii

Introduction 1

Les écrits et le projet 6

Le cadre de la recherche 33

La méthode 51

L'étude des résultats 56

Conclusion .....

Références .....

Introduction

Les sociétés industrielles de nos jours ont besoin d'un personnel compétent dans l'utilisation des différentes technologies. Avec les années, ces technologies ont évolué en quantité et en qualité. Autrefois la force musculaire suffisait à remplir les diverses tâches requises pour le travail. Cet aspect a changé du tout au tout de nos jours, car les tâches nécessitant de la force physique sont, en très grande partie, accomplies par des machines. C'est ainsi que le rôle de l'numain a évolué dans l'industrie. Les personnes doivent posséder des connaissances suffisantes, afin de remplir le rôle que l'industrie attend d'elles.

Pour en arriver à un tel niveau de connaissances, on a dû donner une formation professionnelle au travailleur. Au début, l'industrie se chargeait de cette formation, mais avec le temps elle demande aux institutions scolaires de remplir cette tâche.

Deux raisons semblent motiver cet état de fait. D'une part, le temps nécessaire pour former des techniciens est plus long. D'autre part, les coûts de la formation augmentant sans cesse, les industries sont amenées à faire le transfert de la formation du milieu industriel au milieu scolaire.

Depuis quelques années, le Québec fait des efforts

particuliers, en ce qui concerne la formation professionnelle. L'augmentation des coûts reliés à cette formation se remarque surtout lorsqu'on établit une comparaison avec la formation académique générale. Il en coûte beaucoup moins cher d'avoir un livre, un bureau par élève et un professeur pour trente-cinq étudiants dans une classe, que d'avoir à se procurer une machine à souder à l'arc électrique par exemple, un espace considérable spécialement aménagé pour chaque étudiant et quinze étudiants pour un seul professeur. Il est difficile de comparer ces deux situations, mais c'est la réalité de l'enseignement professionnel. En tenant compte de cet aspect matériel, toute solution pédagogique efficace, favorisant la diminution des coûts de formation, serait la bienvenue.

La simulation est une des structures pédagogiques des plus intéressantes en formation professionnelle, particulièrement dans l'acquisition d'habiletés motrices. Rappelons simplement que la première application pédagogique de l'ordinateur s'est faite au Massachussetts Institute of Technology (MIT). Le projet en question portait le nom Whirlwind (Tourbillon). Ce projet visait à former des pilotes d'avions de guerre, en utilisant un simulateur à cette fin.

L'utilisation de simulateurs pour l'acquisition d'habiletés motrices n'est donc pas une idée nouvelle. Elle a fait l'objet de

nombreuses recherches. Dans la présente recherche, nous étudions la pertinence de l'utilisation d'un simulateur pour la formation d'un soudeur à l'arc électrique. Cette étude est conduite par rapport à deux aspects:

1) avantages socio-économiques de l'utilisations d'un simulateur,
2) efficacité pédagogique de cette utilisation.

Dans le premier chapitre, la documentation sur le sujet est étudiée, afin de préciser les avantages et les désavantages socio-économiques de l'utilisation d'un simulateur, ainsi que son efficacité pour la formation d'adultes en soudage à l'arc électrique. Des questions concernant l'efficacité pédagogique de l'utilisation d'un simulateur sont soulevées et le projet de recherche est présenté.

Les écrits ont permis de dégager la problématique, les hypothèses et les limites de la recherche. Ces derniers éléments font l'objet du second chapitre, intitulé le cadre de la recherche. Nous y décrivons également les éléments (variables, expérimentation et sujets) au moyen desquels s'opérationalise la recherche.

Le troisième chapitre présente le processus de cueillette des données ainsi que le traitement prévu.

Les résultats et les analyses pour vérifier les hypothèses de recherche font l'objet du quatrième chapitre, de même que l'interprétation des résultats.

Chapitre premier

Les écrits et le projet

Après avoir fait état de la situation de l'enseignement professionnel au Québec, nous nous appliquons dans ce chapitre, à faire ressortir les données des écrits et de la consultation de spécialistes, dans le sujet de la simulation pour l'apprentissage en formation professionnelle. Les différentes questions soulevées par cette démarche nous amènent ensuite à formuler notre problème de recherche.

Situation de l'enseignement professionnel au Québec

La deuxième guerre mondiale fut l'occasion d'un développement technologique important dans l'industrie québécoise. À la fin de cette guerre, dans les années 1945-1947, beaucoup de jeunes sortent des écoles sans avoir les qualifications professionnelles nécessaires pour le marché du travail. Environ 40% des étudiants quittent l'école avant la 7e année. Les gouvernements du temps essaient de favoriser la formation professionnelle comme solution à la pénurie de main d'oeuvre qualifiée, en créant des écoles techniques appelées école d'arts et métiers, dont certaines sont spécialisées en arts graphiques, en arts appliqués, en métiers de l'automobile, en hôtellerie, en agriculture, ... Quelques-unes de ces écoles étaient mises sur pied par divers ministères (par exemple, le ministère de l'industrie et du commerce pour l'hôtellerie). Ces créations d'écoles spécialisées avaient comme objectif premier de répondre aux besoins de main-d'oeuvre exigés

par des secteurs de l'industrie relevant de ces ministères.

Le rapport Tremblay de 1960 analyse la situation de la formation professionnelle au Québec et arrive à la conclusion que la faible coordination entre les différentes écoles techniques relevant de divers ministères conduisait à une anarchie entre les formations données. De plus, cette formation était souvent déconnectée de l'enseignement général, ce qui créait en quelque sorte un ghetto de l'enseignement technique. Par contre, ce même rapport précise que la formation professionnelle a ses propres objectifs et sa pédagogie caractéristique. Les auteurs du rapport Parent abondent dans le même sens, en recommandant l'établissement d'une école normale d'enseignement technique pour la formation des enseignants de ce secteur. Cette école créée en 1961 est passée à l'université lors de l'intégration des écoles normales en septembre 1969. Dans le même temps, à la suite des recommandations du rapport Parent, une intégration progressive des instituts de technologie et des écoles de métiers s'est graduellement faite. Les écoles de métiers s'intégrant au secteur secondaire ont constitué des divisions des polyvalentes, tandis que les instituts de technologie devenaient partie intégrante des collèges d'enseignement général et professionnel (C.E.G.E.P.). Un des buts de cette réforme était de sortir l'enseignement professionnel de son ghetto et de le revaloriser en l'intégrant au secteur régulier, afin d'attirer ainsi une plus grande clientèle.

Malgré ces changements, on constate aujourd'hui qu'une forte proportion des meilleurs étudiants s'orientent toujours vers le secteur général et que les autres vont vers le secteur professionnel, ce qui apparaît comme une discrimination envers le secteur professionnel. À ce propos, dans un document sur la formation professionnelle des jeunes au Québec (1980, p. 5), il est recommandé de revaloriser le travail manuel, en considérant que le travail professionnel développe autant l'intelligence que le travail dit intellectuel.

Aujourd'hui afin de satisfaire aux multiples besoins d'une technologie de plus en plus diversifiée et évoluant à un rythme accéléré, le secteur professionnel doit sans cesse adapter ses curricula aux changements. Au secondaire, ce domaine de formation couvre dix-sept champs extrêmement diversifiés comme par exemple, commerce, secrétariat, équipement motorisé, hydrothermie, ... Chacun de ces champs regroupe un certain nombre de profils de formation, ce qui donne au-delà de 150 profils différents de formation pour l'ensemble de l'enseignement professionnel. Le soudage à l'arc électrique, sujet de la présente recherche, constitue un des profils du champ hydrothermie.

1.1 Les écrits sur les problèmes de l'enseignement du soudage à l'arc électrique à des débutants et la démarche pour identifier ces problèmes

Comme pour d'autres matières, l'enseignement du soudage à l'arc électrique présente des problèmes d'ordre pédagogique et organisationnel. Afin d'améliorer l'enseignement de cette matière, il faut, dans un premier temps, répertorier d'une façon systématique les différents problèmes rencontrés dans son enseignement. Pour ce faire, les banques d'informations ERIC et Dissertation Abstract International ont été interrogées, de même que plusieurs revues traitant du sujet. Cette recension des écrits s'est avérée avare d'informations sur les questions pédagogiques. Par conséquent, afin d'obtenir des informations permettant d'identifier les principaux problèmes de l'enseignement, des spécialistes du soudage à l'arc électrique ont été consultés.

Pour recueillir l'information désirée auprès de ces spécialistes, nous avons respecté dans leurs grandes lignes, les règles utilisées dans le brain-storming (aucune censure entre les participants, spontanéité des réponses,...). Les participants répondaient spontanément. Souvent, l'idée exprimée par l'un suscitait de la part des autres, des remarques qui complétaient les réponses déjà formulées. Toutes les réponses ont été enregistrées sur bande magnétique, puis transcrites.

Une analyse de contenu a été effectuée à l'aide des transcriptions des enregistrements. Pour faire cette opération, nous nous sommes référé à la démarche proposée par Mucchielli (1974) qui recommande de procéder en trois opérations pour l'analyse de contenu des réponses à des questions ouvertes, et dont voici les trois étapes:

1) inventaire des réponses,
2) classement des réponses et,
3) calculs exigés par le dépouillement.

Par rapport à notre problème d'ordre pédagogique, seuls les deux premiers aspects présentaient à ce moment un intérêt et ont été effectivement envisagés. Nous désirions obtenir une vue d'ensemble des problèmes et non leur importance. Trois spécialistes ont été interrogés.

L'analyse des informations recueillies fut faite par deux personnes connaissant bien l'analyse de contenu et qui ont respecté la démarche proposée par Mucchielli (1974) pour ce type d'analyse.

Les problèmes rencontrés ont été regroupés en trois grandes catégories:

-aspect pédagogique,

-aspect économique,

-aspect sécuritaire.

Chacune de ces catégories se subdivise en plusieurs sous-catégories qui regroupent les différents problèmes de pratique identifiés par les spécialistes consultés.

Aspect pédagogique

L'enseignement individualisé semble occuper une place prépondérante surtout à l'atelier, c'est-à-dire lorsque les étudiants passent à la pratique des exercices prévus par le professeur. Ce type d'enseignement se prête mieux à l'éducation des adultes, car ceux-ci ont l'habitude de fonctionner dans le système de programmes par objectifs (P.P.O.).

Pour des étudiants du cours régulier, il est plus difficile d'utiliser cette méthode, car le fonctionnement des groupes diffère souvent de l'un à l'autre. Un point important est à souligner: cette forme d'enseignement entraîne une grande motivation, à cause du plus grand contact humain que les étudiants ont avec les professeurs.

Cependant l'individualisation de l'enseignement suscite des difficultés pour l'évaluation du travail des étudiants. Les spécialistes consultés proposent une notation ponctuelle pour la théorie et une notation par étape pour la pratique. Ces

spécialistes disent que d'autres enseignants sont d'avis que tout le travail doit compter. Diverses méthodes d'évaluation existent, mais il semble que leur valeur soit relative. C'est pourquoi, selon eux, il est nécessaire de fixer des critères d'évaluation. Ceux-ci sont variés et souvent l'enseignant utilise sa propre performance comme critère de perfection. Parfois dans la correction et l'évaluation des travaux pratiques de ses étudiants, un enseignant fait entrer en jeu le facteur humain: le comportement de l'étudiant en général et face au professeur. Quel que soit le type d'évaluation utilisé et ses caractéristiques, le feedback du professeur semble important, car il permet aux étudiants de se situer.

Par conséquent, il apparaît difficile de choisir un type d'évaluation des progrès réalisés dans l'apprentissage pour ce métier; la suggestion de ne pas noter a été entendue à plusieurs reprises.

Enfin au sujet de l'aspect pédagogique, il est ressorti de cette consultation, la suggestion que la matière enseignée (savoir académique) devrait être soutenue par une pédagogie de pointe (savoir-faire), afin que l'intervention auprès de l'étudiant soit formative.

Aspect économique

Le premier point relevé a été l'économie de la matière première. Elle peut se faire par l'achat d'instruments ou de pièces de rebuts réutilisables pour les exercices pratiques. Par exemple, l'achat d'une guillotine pour couper soi-même le matériel aux dimensions voulues est une forme d'économie.

La fabrication de projets pouvant être vendus, est une façon pour un département de s'autofinancer, de se procurer la matière première et de payer des réparations mineures à la machinerie.

L'éducation des utilisateurs quant à l'emploi rationnel de l'équipement et de la matière première est aussi un facteur qui peut devenir économiquement rentable. Cette façon de procéder permet aux étudiants d'acquérir une méthode de travail qui devient aussi une forme d'économie. Une autre façon d'économiser est que les professeurs réparent eux-mêmes la machinerie défectueuse, quand les défectuosités ne sont pas majeures.

Une bonne planification des achats par l'administration et les professeurs peut amener une économie appréciable dans l'ensemble.

Pour encourager ces économies, les enseignants peuvent développer des petits trucs, comme par exemple de demander un dépôt d'argent au début de l'année. Ces sommes permettent de

payer les bris et les pertes. Cette façon de procéder favorise aussi chez l'étudiant le développement de son sens de la responsabilité.

Aspect sécuritaire

L'aspect sécuritaire semble être l'une des grandes préoccupations des divers intervenants auprès des étudiants. Parmi ces préoccupations, il y a celle de l'éducation des utilisateurs au maniement de la machinerie. La connaissance des modes d'opération, de l'état de fonctionnement, ainsi que des différents moyens de protection pendant l'utilisation des appareils, doivent primer sur tout aspect économique.

Si, dans un atelier, le nombre d'utilisateurs est plus grand que le nombre de postes de travail, il peut s'ensuivre un manque de disponibilité des équipements. Cette situation peut porter les étudiants à toucher à des outils avec lesquels ils ne sont pas familiers, d'où le risque accru de blessures ou d'accidents.

La tenue vestimentaire représente un aspect sécuritaire très important. Il faut absolument être protégé par les vêtements obligatoires pour le soudage (boléro, gants, bottines de travail avec bouts recouverts d'acier,...). Sont à proscrire les vêtements et objets pouvant être cause de blessures ou d'accidents (pantalons avec rebords, bague,...).

La sécurité est aussi une question de planification et de bon sens. Il faut prévoir l'entreposage des cylindres, voir au fonctionnement du système de ventilation, protéger les utilisateurs contre les rayonnements dangereux. Tout doit être pensé en fonction de la plus grande sécurité possible. C'est pour cette raison qu'une concertation est à souhaiter entre l'administration scolaire et les enseignants.

En plus d'assurer une bonne qualité de l'enseignement, il semble important pour les spécialistes consultés, que les enseignants soient capables de diagnostiquer les problèmes des étudiants, les lacunes de l'équipement, et qu'ils soient en mesure d'évaluer l'utilisation des locaux d'une façon rationnelle et sécuritaire. Cette évaluation touche principalement les systèmes d'évacuation des vapeurs nocives, ainsi que la ventilation.

1.2 Les écrits et les solutions possibles à ces problèmes pédagogiques

L'éventail des problèmes est assez étendu et les problèmes sont globalement exprimés. Peu de recherches systématiques ont été conduites dans le domaine de l'enseignement du soudage à l'arc électrique. Cette didactique spécialisée étant peu développée, il semble intéressant et utile de traiter des aspects généraux de

cette question.

Une des façons d'aborder cette question est de voir la simulation comme un outil de solution à des problèmes pédagogiques déjà exprimés. La simulation permet de faire un lien entre des connaissances ou des habiletés motrices et la réalité, lorsque certaines contraintes (économie, danger,...) rendent difficile la confrontation avec la réalité. Comme le dit Stadsklev (1974):

> Simulation/gaming serves as something of a bridge between raw and unfiltered reality (often difficult to present on time and in portions manageable for the learner)... (page 3).

1.21 Simulation appliquée à d'autres spécialités

Plusieurs spécialités de la formation professionnelle utilisent depuis longtemps la simulation comme outil privilégié d'enseignement dans des champs d'apprentissage qui exigent des caractéristiques psychomotrices semblables à celles du soudage à l'arc électrique. À ce propos Anderson (1976) rapporte:

> Either actual objects or highly simulated mock-ups provide an important stimulus for students to learn tasks that require psychomotor skills. This form of instruction can utilize all of the student's senses, particularly the tactile sense, when learning requires the manipulation of, or inter-action with, mechanical devices (page 117).

De plus, l'enseignement du soudage à l'arc électrique pose des

problèmes d'ordre sécuritaire, d'économie d'équipement, d'utilisation, justifiant l'emploi de la simulation comme outil pédagogique. À ce sujet, Anderson (1976) précise que:

> The decision to use real things or simulations depends on a number of working conditions, such as: the safety of students and others, the possibility of damage to expensive equipment, the noise level of the environment, availabiliby of space to conduct instruction, and the cost of supplying expensive equipment for the training activity. There are no simple rules concerning the decision to provide real things or simulations, and each situation must be analyzed separately (page 117).

La simulation présente un intérêt particulier pour les didacticiens qui s'intéressent aux problèmes soulevés par l'enseignement du soudage à l'arc électrique. En effet, l'utilisation de la simulation, recommandée par Anderson, peut apparaître comme une solution aux différents problèmes du soudage à l'arc électrique relevés précédemment.

1.211 <u>Utilisation de la simulation dans divers domaines</u>

Plusieurs types de simulation existent, comme la modélisation d'opérations complexes, ou encore la simulation appliquée à divers phénomènes sociaux. Ces types de simulations sont intéressants, mais ne répondent pas de façon immédiate à la résolution des problèmes soulevés dans le domaine que nous étudions.

Afin de répondre à nos besoins, nous devons voir l'application de la simulation à des champs de pratique, comme en parle Anderson

(1976). Par exemple, cet auteur définit de la façon suivante l'utilité de la simulation pour le domaine de l'aviation:

> For example, the cost of providing simulated flight trainer for airline pilots is great, but when many pilots are trained or given refresher experiences, the cost of simulators is many times less than the costs of using aircraft in actual flight, and the hazards are reduced. However, there are situations in which expensive hands-on-training equipment is used only because the course was not first submitted to developmental testing to determine if the cost of using actual objects or expensive simulators is actually justified. Each case requires analysis, and often experimental trials. The right tool for the right job seems to be a key thought; how would you feel being a passenger with a novice pilot trained only with a sound-slide presentation? (page 118)

En aéronautique et en aérospatiale, l'utilisation de la simulation est très importante et se fait en trois temps: 1) structurer le modèle, 2) construire le simulateur, 3) utiliser efficacement le simulateur afin de rencontrer les objectifs de formation désirés. Wheatcroft (1973) présente ce cheminement comme suit:

> 1) Design simulators to simulate operating conditions so that the 'hardware' can be tested.
>
> 2) Training simulators to enable astronauts to learn the tasks they will have to perform (page 115).

Dans le cas qui nous intéresse, c'est la deuxième forme qui doit

être prise en considération. Les habiletés développées par cette seconde forme de simulation sont nombreuses, par exemple dans la navigation spatiale, l'alunissage, la marche sur la lune....

Dans plusieurs autres domaines, la simulation est employée pour former les apprenants. A Montréal, elle est utilisée pour entraîner les conducteurs de métro. Des simulateurs ont été développés pour aider dans l'apprentissage de la conduite d'autos, de chars d'assaut, ou encore de différents équipements lourds. Il serait possible de continuer cette énumération des champs d'application de la simulation. Ces exemples nous amènent à voir la possibilité d'une application au soudage à l'arc électrique et l'utilisation de la simulation comme instrument de formation peut être envisagée pour l'enseignement de cette matière.

1.212 <u>Utilisation de la simulation pour l'enseignement du soudage à l'arc électrique</u>

La simulation a déjà été utilisée pour la formation des apprenants en soudage à l'arc électrique, en particulier par Abrams (1973). Afin de vérifier l'efficacité de son simulateur, Abrams a comparé les résultats dans l'apprentissage, avec les résultats obtenus au moyen d'un appareil de soudage traditionnel. Les résultats préliminaires indiquent que les sujets utilisant une démarche mixte, simulateur/réalité, ont besoin de moins de pratique pour atteindre le niveau d'habileté demandé que les sujets

entraînés de façon traditionnelle.

Ces résultats sont intéressants, mais ils s'appliquent à l'utilisation d'un simulateur particulier, celui d'Abrams (1973). S'il s'agit d'autres types de simulateurs, présentant des caractéristiques différentes, il faudrait en vérifier l'efficacité car le rendement d'un simulateur est déterminé en grande partie par les conditions du vécu de la simulation. Si nous possédions des données expérimentales sur plusieurs types de simulateurs, il serait possible de déterminer comparativement ces caractéristiques d'efficacité pouvant s'appliquer à chacun des simulateurs.

1.221 <u>Définitions du concept de simulation</u>

On retrouve du matériel pédagogique décrit comme étant des outils de simulation, mais qui n'en sont pas dans la réalité. Cette appellation trompeuse est parfois utilisée par des compagnies, afin de favoriser la mise en marché de leurs produits. À ce propos Stadsklev (1974) dit:

> The term simulation/game is used to cover a multitude of activities and materials. It is a catchy term that has become popular in the educational field. If you want to sell something, don't call it role playing; don't call it an instructional game; don't call it a case study; call it a simulation/game. Teachers' ears will perk up when they hear it because it is 'in.'
>
> As a result, the term has become almost meaningless (page 2).

À partir de cette remarque, il semble important de définir ce concept afin d'en clarifier le sens.

Nous définissons la simulation comme une opération consistant à reproduire des phénomènes de nature diverse, à l'aide de la modélisation du fonctionnement de son système. Deux étapes sont à considérer dans la simulation:

1) la reproduction des caractéristiques systémiques du phénomène énoncées par Bertalanffy (1968): le nombre d'éléments, leurs espèces, leurs relations (page 52);

2) le fonctionnement du modèle, c'est-à-dire où le modèle évolue et se reproduit dynamiquement en fonction des influences dont tient compte le modèle.

La définition que nous donnons du concept de simulation, tout particulièrement en ce qui concerne les fonctions, rejoint les propos de Poole (1977) et de Collacott (1973) à ce sujet:

> A simulation model is a simplified representation of real life which allows the understanding and solution of a problem to be achieved by a trial and error approach (Poole, page 5).
>
> Simulation - the technique of reproducing, under laboratory conditions, the likely behaviour of a system in actual performance - (Collacott, page v).

1.222 Avantages et désavantages de la simulation

Pour l'acquisition de connaissances, toute structure pédagogique présente des avantages et des désavantages en terme d'efficacité pour atteindre des objectifs. Il est important de bien décrire les objectifs et de vérifier si les désavantages n'invalident pas l'utilisation de cette stratégie en rendant l'apprentissage plus ou moins problématique pour le contenu d'enseignement. Pour analyser les avantages et les désavantages de la simulation, Sauvé (1981, deuxième question) utilise une grille à cinq aspects, chacun des aspects pouvant être interprété positivement ou négativement. Selon les circonstances, un avantage peut devenir un désavantage. Les cinq aspects sont ici décrits.

1) Le modèle de la réalité

Comme nous l'avons défini précédemment, la simulation n'est pas la réalité, mais une modélisation de cette dernière, où un certain nombre de caractéristiques sont éliminées, afin de rendre le modèle plus facilement utilisable. Le choix des caractéristiques à éliminer doit être fait avec prudence en fonction des objectifs poursuivis. Éliminer une caractéristique importante invaliderait complètement ou partiellement le modèle et les conclusions pourraient être nulles.

2) L'objectivité du modèle

Deux sources de subjectivité peuvent influencer la construction du modèle. D'une part, il y a les idées du concepteur par rapport aux contenus éducatifs. Cette source d'erreurs a souvent été mentionnée pour démontrer la faiblesse des jeux de guerre (kriegspiell). D'autre part, il y a les erreurs de construction dues au manque d'information, ou encore à l'élimination d'une variable importante. Par contre, il est généralement possible de répéter rapidement et souvent une simulation. Cette facilité permet donc de corriger et d'améliorer le modèle en cause.

3) Le coût

Le coût de construction d'un modèle destiné à la simulation est souvent très élevé. Il faut des spécialistes pour effectuer les différentes analyses, de même que pour structurer des éléments du modèle. Une fois le prototype construit et les appareils multipliés, les avantages qui en résultent - rapidité, perte minime de matériel et sécurité - sont des éléments qui concourent à la rentabilité du modèle. La question du coût doit surtout être posée en fonction de la pertinence et de l'importance du sujet traité.

4) L'économie de temps

L'économie de temps est un facteur qui rend particulièrement intéressante l'utilisation de la simulation et qui en rend souvent le coût plus acceptable. On peut produire, dans un court laps de temps, ce qui prendrait des jours pour ne pas dire des années. Par contre, cette économie de temps a des implications négatives. Par exemple, le temps de réflexion pour les utilisateurs est beaucoup plus court que dans la réalité et ne tient pas compte des événements qui pourraient survenir dans une période de temps plus longue.

5) La sécurité

La sécurité est presque complète dans le déroulement d'une simulation, ce qui est particulièrement intéressant pour éviter blessures et pertes de vie. Par ailleurs, dans une simulation, l'humain ne ressentant pas la peur et n'encourant aucun danger, il est fort probable qu'il aura un comportement différent de celui qu'il aurait dans la réalité. Et cela est un inconvénient de la simulation.

1.223 <u>Applicabilité de la simulation à l'enseignement du soudage à l'arc électrique</u>

Précédemment, il a été mentionné que la simulation avait déjà

été appliquée à des domaines présentant des exigences de sécurité, d'économie, d'espace,... Nous examinerons maintenant la possibilité d'utiliser la simulation comme solution aux différents problèmes identifiés pour l'enseignement du soudage à l'arc électrique. Nous ferons cette analyse en respectant les cinq aspects avantages/désavantages précédemment cités.

1) Le modèle de la réalité

Une analyse de tâches du soudage à l'arc électrique permet de choisir les éléments du modèle et de le construire, afin qu'il réponde le mieux possible aux intentions de ceux qui veulent l'utiliser pour la simulation. Au moment de cette analyse de tâches, nous devons considérer le niveau d'apprentissage désiré. Une simulation représente une partie de la réalité. Le maximum d'efficacité d'un simulateur sera de plus défini par le type de population auquel il s'adresse. Par exemple, les besoins d'apprentissage d'un débutant ne seront pas les mêmes que ceux d'un apprenant plus avancé.

2) L'objectivité du modèle

L'analyse de tâches permet de déterminer l'ensemble des caractéristiques que doivent respecter la simulation et le simulateur pour permettre tel type d'apprentissage

donné. A partir de ces caractéristiques, certains facteurs sont retenus et un modèle est structuré. Par rapport à l'utilisation d'un simulateur, une relation entre les facteurs du modèle et les critères de l'analyse de tâches démontrera l'adéquation du modèle à la réalite et indiquera la réponse qu'il apporte aux problèmes soulevés pour l'enseignement du soudage à l'arc électrique.

3) Le coût

L'analyse des coûts peut être une justification importante de l'utilisation d'un simulateur pour l'enseignement. Si un simulateur est plus dispendieux à l'achat et à l'utilisation que le matériel qu'il remplace, il devient problématique de l'utiliser. D'autres facteurs, comme par exemple la sécurité, la rapidité d'apprentissage..., justifieront quand même son utilisation.

4) L'économie de temps

Le simulateur permet-il une économie de temps dans l'apprentissage? La réponse à cette question peut justifier en soi l'utilisation d'un simulateur. Il ne faut pas oublier qu'au même titre que d'autres techniques pédagogiques, la simulation doit faciliter

quantitativement ou qualitativement l'apprentissage.

5) La sécurité

Dans le cas qui nous intéresse, le soudage à l'arc électrique, cet aspect est particulièrement important. D'ailleurs dans l'identification des problèmes inhérents à l'enseignement de cette matière, à plusieurs reprises, ce point a été soulevé. Un simulateur doit permettre de diminuer sinon d'éliminer les risques d'accidents.

1.3 Les écrits et les aspects pédagogiques de l'utilisation d'un simulateur

Sauvé (1981) relève des conclusions qui ressortent d'écrits qu'elle a consultés sur l'utilisation de la simulation pour fins pédagogiques. Nous les énumérons ci-dessous.

-La simulation augmente l'intérêt et motive les étudiants dans leurs apprentissages. Par contre, il semble que si l'étudiant est plus intéressé à participer, la simulation n'augmente pas nécessairement son intérêt pour la matière.
-La simulation fournit un environnement dynamique dans lequel les étudiants expérimentent des connaissances acquises ou évaluent leur habileté dans des situations semblables à la réalité.
-La simulation oblige les étudiants à participer plus activement aux activités d'apprentissage.

-La simulation permet l'acquisition de connaissances et d'habiletés spécifiques.
-La simulation change les conditions dans lesquelles l'apprentissage s'effectue, ainsi que la dynamique maître-élèves.

1.31 Efficacité de l'utilisation d'un simulateur pour l'enseignement du soudage à l'arc électrique

Dans un premier temps, nous avons identifié un certain nombre de problèmes rencontrés dans l'enseignement du soudage à l'arc électrique. L'ensemble des problèmes de pratique relevés par les spécialistes et le peu d'écrits qui portent sur ce sujet nous conduisent à aborder la question globalement plutôt qu'en détail. Par rapport à l'ensemble des problèmes, il nous a semblé que la simulation pourrait être une solution à nombre d'entre eux. L'utilisation de cette technique dans d'autres domaines de pratique a démontré qu'elle pouvait avoir une influence sur la sécurité, le coût, la diminution du temps d'apprentissage,...

Une analyse de la simulation comme méthode nous a montré ses avantages et ses désavantages pour l'enseignement. Nous pouvons déduire de ces expériences et analyses que l'utilisation d'un simulateur dans l'enseignement du soudage à l'arc électrique peut être possiblement pertinente. Les écrits nous ont amené à prendre conscience qu'il ne suffit pas d'utiliser un simulateur ou la simulation pour l'enseignement; encore faut-il que l'utilisation

soit adaptée aux étudiants et aux objectifs poursuivis. Par exemple, un simulateur destiné à des débutants différera d'un autre destiné à des experts. Actuellement, plusieurs compagnies vendent des simulateurs pour l'enseignement du soudage à l'arc électrique. Peu d'entre elles fournissent des informations scientifiquement précises quant à l'efficacité pédagogique de leur matériel, de même que peu d'entre elles indiquent pour quelle population chaque simulateur particulier a été élaboré.

1.4 LE PROBLEME DE RECHERCHE

De cette dernière remarque, il ressort que l'un des premiers points à vérifier est le champ ou les limites de l'utilisation d'un simulateur. Une fois cette dimension précisée, plusieurs autres aspects doivent être analysés en fonction des avantages désirés. Nous pensons tout particulièrement aux aspects financier et sécuritaire. Par exemple, si un simulateur n'est pas plus efficace que les moyens traditionnels d'apprentissage, il peut toutefois présenter un intérêt s'il coûte moins cher, ou encore si la sécurité qu'il assure est plus grande.

Quoi qu'il en soit, il faut analyser ou vérifier, dans un premier temps, l'efficacité du simulateur pour l'enseignement du soudage à l'arc électrique. Aussi avons-nous articulé notre interrogation de recherche autour de ce sujet et avons-nous

formulé ainsi notre proulème de recherche: QUELLE EST L'EFFICACITÉ D'UN SIMULATEUR DANS L'ENSEIGNEMENT DU SOUDAGE À L'ARC ÉLECTRIQUE A DES DEBUTANTS?

1.5 L'OBJECTIF DE LA RECHERCHE

L'objectif général de cette recherche s'énonce comme suit:

Comparer l'efficacité de l'enseignement du soudage à l'arc électrique fait à l'aide d'un simulateur à l'efficacité d'un enseignement fait par une démarche pédagogique traditionnelle.

Par rapport à l'objectif général, une question se pose à savoir comment intégrer le simulateur dans un cheminement pédagogique? Les écrits consultés, particulièrement ceux d'Abrams, suggèrent différentes modalités d'utilisation d'un simulateur. A la suite de cette consultation, nous limiterons notre choix de l'utilisation pédagogique d'un simulateur à une formation mixte (réalité-simulation) et à une formation totalement réalisée à l'aide d'un simulateur. C'est ainsi que trois différentes méthodes d'enseignement seront expérimentées dans le cadre de cette recherche: 1) méthode traditionnelle; 2) méthode mixte; 3) méthode par simulation. Ces trois méthodes nous amènent à formuler les objectifs spécifiques suivants:

-Comparer l'efficacité de deux méthodes d'enseignement du

soudage à l'arc électrique, la méthode par simulation et la méthode traditionnelle;

-Comparer l'efficacité de deux méthodes d'enseignement du soudage à l'arc électrique, la méthode mixte (réalité-simulation) et la méthode traditionnelle;

-Comparer l'efficacité de deux méthodes d'enseignement du soudage à l'arc électrique, la méthode mixte (réalité-simulation) et la méthode par simulation.

1.6 LE TYPE DE RECHERCHE

Ces objectifs de recherche nous conduisent à utiliser une démarche expérimentale.

Chapitre deuxième

Le cadre de la recherche

LE CADRE DE LA RECHERCHE

Les écrits consultés nous permettent d'énoncer deux hypothèses en rapport avec l'objectif général formulé au sujet de l'efficacité d'utilisation d'un simulateur pour l'apprentissage du soudage à l'arc électrique. Ce chapitre présente ces hypothèses, de même que les moyens mis en oeuvre pour les vérifier expérimentalement.

2.1 HYPOTHÈSES DE RECHECHE

2.11 Première hypothèse

Peu de recherches ont été effectuées sur l'enseignement du soudage à l'arc électrique. Il est donc utile de vérifier l'efficacité des diverses stratégies d'enseignement susceptibles de résoudre les problèmes propres à cette matière. Tout au cours de notre recension des écrits, il est apparu que l'utilisation d'un simulateur pourrait constituer une solution à des problèmes pédagogiques rencontrés. Aussi formulons-nous notre première hypothèse:

> Pour l'enseignement du soudage à l'arc électrique, l'utilisation d'un simulateur est aussi efficace, en terme d'atteinte des objectifs cognitifs et psychomoteurs

poursuivis, que l'utilisation d'équipement réel.

2.12 Deuxième hypothèse

À notre connaissance, la question de l'utilisation pédagogique d'un simulateur pour l'apprentissage du soudage à l'arc électrique a été peu traitée. En effet, il semble que la façon d'utiliser un simulateur pour obtenir un maximum d'efficacité soit loin d'être résolue. Plusieurs modalités d'utilisation ont été proposées. La formation mixte (réalité-simulation) est une des modalités qui semble présenter un intérêt particulier pour les auteurs. Nous sommes intéressé à vérifier cet aspect du problème. Les écrits rapportent plutôt des constatations empiriques que d'ordre des faits expérimentalement contrôlés. Par ailleurs, les écrits nous permettent de croire qu'une des principales modalités d'utilisation pédagogique d'un simulateur est un enseignement mixte, partie de temps enseignement traditionnel et partie de temps simulation. Aussi formulons-nous notre deuxième hypothèse:

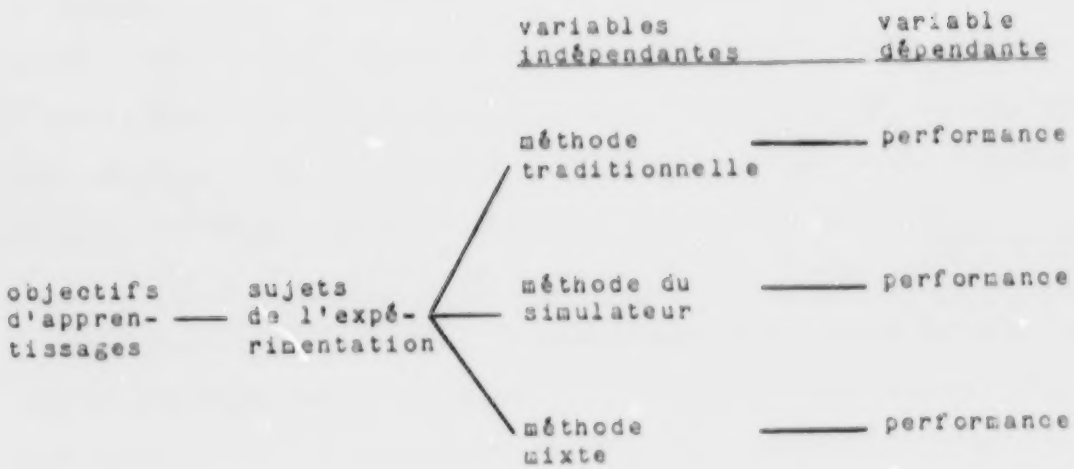
> Pour l'enseignement du soudage à l'arc électrique, un enseignement mixte intégrant l'utilisation de la réalité et celle d'un simulateur est aussi efficace en terme d'atteinte des objectifs cognitifs et psychomoteurs que la réalité seule ou que la

simulation seule.

2.2 SCHEMA D'EXPERIMENTATION

Le schéma d'expérimentation pour vérifier les deux hypothèses formulées est ici présenté et décrit.

Schéma expérimental



Le schéma expérimental choisi s'applique à trois groupes semblables. Ce design n'exige pas l'utilisation de prétest; ainsi, comme le disent Isaac et Michael (1975), est évité l'effet de contamination dû à l'apprentissage possible réalisé lors de la passation d'un prétest.

Design 4 (tel que présenté ci-dessus)
randomized control-group posttest only design

> is superior to design 2 (randomized control-group pretest posttest design) because no interaction effect of pretesting and X can occur. Groups are assumed to be equivalent on the basis of random selection. It controls for, but does not measure the effects of, history, maturation and pretesting. It is particularly useful when pretests are unavailable, inconvenient, or too costly;... (page 42).

Cette affirmation d'Isaac justifierait à elle seule l'utilisation du schéma adopté. En effet, le simulateur présente un intérêt tout particulier pour la formation de débutants, du moins c'est ce qui ressort de l'identification des problèmes de l'enseignement du soudage à l'arc électrique. Les connaissances des débutants en soudage à l'arc électrique étant nulles ou presque nulles, le prétest présente peu d'intérêt.

Par rapport à ce schéma d'expérimentation, Isaac précise qu'il est un de ceux qui contrôlent le mieux les différents facteurs impliqués dans l'expérimentation. La première hypothèse se vérifie ou est infirmée, par la comparaison des mesures de performance entre le groupe ayant étudié selon la démarche traditionnelle et le groupe ayant fait l'apprentissage à l'aide d'un simulateur. La seconde hypothèse se vérifie ou non, par la comparaison de la mesure de performance du groupe mixte avec le groupe traditionnel d'une part, et avec le groupe simulateur d'autre part.

2.3 VARIABLES

Deux variables indépendantes sont comprises dans les deux hypothèses. Premièrement, il y a l'utilisation ou la non-utilisation d'un simulateur pour l'enseignement du soudage à l'arc électrique. La vérification de l'influence de la première variable permet de confirmer ou d'infirmer la première hypothèse. Cette vérification permettra de déterminer l'efficacité de l'utilisation ou non d'un simulateur pour l'enseignement de cette matière.

La seconde variable indépendante (deuxième hypothèse) consiste dans la démarche pédagogique privilégiée par l'utilisation d'un simulateur. Les écrits permettent de croire qu'une approche mixte réalité/simulation est une alternative pédagogique intéressante. Le schéma d'expérimentation sélectionné permet de vérifier cet aspect soulevé par la seconde hypothèse.

Les deux variables indépendantes amènent à déterminer une variable dépendante qui est le niveau d'atteinte des objectifs d'apprentissage. L'obtention d'une mesure précise nécessite le contrôle de diverses variables intervenantes. Dans les pages qui suivent, cet aspect est développé afin de fournir une meilleure compréhension des conditions de l'expérimentation.

2.4 SUJETS DE LA RECHERCHE

Tout d'abord, nous devions trouver des établissements où l'on enseignait le soudage à l'arc électrique et en particulier aux adultes. Pour des raisons de transport, nous avons décidé de chercher des établissements sur l'île de Montréal et les environs. C'est ainsi que notre choix s'est arrêté sur

1) l'école des métiers de Montréal,
2) la polyvalente d'Anjou,
3) l'école Armand-Corbeil.

Deux critères ont présidé au choix des sujets de la recherche: qu'ils soient adultes et qu'ils soient débutants dans l'apprentissage du soudage à l'arc électrique.

Par rapport au premier critère, notre expérience, dans l'enseignement de cette matière aux adultes, nous a appris que les adultes craignaient beaucoup plus l'échec et le bris d'équipement que les étudiants plus jeunes. Ils sont plus craintifs et moins aventureux. L'utilisation d'un simulateur pour l'enseignement aux adultes nous a donc semblé à la fois utile et intéressant du point de vue pédagogique. Dans le cadre de cette recherche, l'adulte est défini comme étant celui qui est déjà sur le marché du travail depuis au moins un an et qui est âgé d'au moins dix-huit ans.

La très grande majorité des problèmes rencontrés dans l'enseignement du soudage à l'arc électrique concerne des étudiants débutants. Cette population présente un intérêt tout particulier car elle est très nombreuse. Le nombre d'étudiants que l'on retrouve dans cette matière diminue au fur et à mesure que les étudiants avancent dans leur programme. La principale raison de cette diminution est que beaucoup ne désirent obtenir qu'une formation initiale, ou encore qu'ils croient devoir n'utiliser que quelques habiletés dans le cadre d'autres métiers.

Trente sujets ont été choisis au hasard d'un tirage parmi les candidats possibles. L'un des trois types d'expérimentation était déterminé avant le tirage de chaque nom. Ont ainsi été choisis,

- dix sujets pour faire l'apprentissage du soudage à l'arc électrique selon la méthode traditionnelle,
- dix sujets pour faire l'apprentissage du soudage à l'arc électrique selon la méthode du simulateur,
- dix sujets pour faire l'apprentissage du soudage à l'arc électrique selon la méthode mixte.

2.5 TYPES D'EXPERIMENTATION

Par rapport à nos deux hypothèses, trois types

d'expérimentation ont été structurés et vérifiés quant à leur efficacité auprès des sujets retenus.

Le premier est le type que nous qualifions de traditionnel, où l'étudiant effectue ses apprentissages à l'aide d'une machine à souder à l'arc électrique. C'est l'enseignement que l'étudiant reçoit dans ses cours. Cette formation respecte les règles pédagogiques en vigueur pour l'enseignement de cette matière.

Le second type, où le simulateur remplace la machine à souder, suit les mêmes principes pédagogiques que pour l'enseignement traditionnel. Ce type comme le suivant implique le choix du simulateur qui sera utilisé.

Le troisième type est mixte et l'apprentissage a été fait à la fois à l'aide d'un simulateur et d'une machine à souder à l'arc électrique.

2.6 SITUATIONS D'APPRENTISSAGE

Il serait imprudent de structurer un contenu d'enseignement et de préparer l'évaluation de la formation sans faire une analyse des besoins. Cette analyse permet d'élaborer les objectifs terminaux, intermédiaires et de performance qui permettent de tracer un programme d'entraînement et des conditions

d'environnement. Pour que le degré d'atteinte des mêmes objectifs permette d'évaluer le succès des stratégies d'enseignement utilisées, il était nécessaire de faire une analyse de tâches.

L'analyse de tâches est définie en termes généraux comme une méthode employée pour acquérir des connaissances sur les tâches individuelles (Bellows, 1954). C'est aussi un préalable fondamental pour travailler sur des problèmes de personnel de quelque organisation que ce soit (Ghiselli et Brown, 1955). L'analyse de tâches est une procédure systématique ou du moins systématisée de cueillette d'informations sur une tâche donnée. La procédure comprend généralement la cueillette, l'analyse, l'organisation et la structuration des éléments recueillis, en fonction de leur importance relative, et l'interprétation de toutes ces informations par rapport à une tâche. On cherche donc à identifier ce que fait le travailleur, comment il le fait, pourquoi il le fait, ainsi que les habiletés requises de sa part pour réussir à réaliser la tâche (Abramson, éd. 1979, p. 256).

Selon Wrights (1974), une analyse de tâches bien pensée devrait comprendre:

- une description générale du travail à faire,
- la planification et l'organisation séquentielle du travail à accomplir.

- les tâches spécifiques devant être exécutées par le travailleur,
- les équipements, les outils et les matériaux de base utilisés,
- les conditions de travail, incluant les contretemps,
- les qualités requises pour apprendre ou exécuter ces tâches définies en termes de connaissance, d'habileté, de capacité, ainsi que les caractéristiques personnelles, incluant les habiletés psychomotrices,
- le degré de performance à atteindre,
- le procédé et les résultats escomptés de la performance.

Voici donc la description des situations d'apprentissage du soudage à l'arc électrique, selon le modèle de Wrights.

Travail à faire

Cordons de soudure sur une plaque d'acier doux par le procédé de soudage à l'arc électrique.

Objectif général

Exécuter correctement des cordons de soudure sur une plaque d'acier doux en position à plat avec une électrode E-6012 de 3.5 mm de diamètre.

Objectifs particuliers (d'ordre cognitif)

L'étudiant sera capable de

- placer sa plaque d'acier doux en position à plat,
- placer son câble de mise à la masse,
- insérer l'électrode dans le porte-électrodes,
- ajuster la machine à souder en position normale (le négatif à l'électrode et le positif au travail),
- placer l'indicateur d'ampérage à cent ampères,
- revêtir l'équipement nécessaire à sa protection,
- placer sur sa tête le masque à souder,
- mettre en marche la machine à souder.

Objectifs particuliers (d'ordre psychomoteur)

L'étudiant sera capable de

- amorcer l'arc électrique,
- maintenir l'arc à une distance de une fois et demie à deux fois le diamètre de l'électrode,
- souder en maintenant l'électrode à une distance de 5 à 6 mm de la pièce.

- exécuter trois cordons de soudure sur une longueur de 120 mm.
- conserver une largeur ce cordon n'excédant pas 4 mm.

MATERIEL REQUIS

- Plaques d'acier doux laminé à chaud. Les plaques ont 100 mm de longueur, 180 mm de largeur et 3 mm d'épaisseur.

EQUIPEMENT REQUIS

- Machine à souder C.C. (-) ou C.A (~).
- boléro et jambières,
- gants,
- bonnet de coton,
- masque de soudeur,
- vitre teintée no 10,
- pince,
- marteau à piquer,
- brosse métallique.

EXERCICE

1. Exécuter trois cordons de soudure d'une longueur de 120 mm sur chaque plaque d'acier doux de 3 mm d'épaisseur.

2. La largeur du cordon ne devrait pas excéder 4 mm.

3. La hauteur du cordon ne devrait pas excéder 3 mm.

4. Enlever le laitier avec le marteau à piquer.

5. Tremper la pièce dans l'eau pour la refroidir.

6. Remettre la pièce au surveillant.

7. Le mouvement régulier, c'est-à-dire en ligne droite, devra être utilisé.

Mesures de sécurité

Parmi les mesures de sécurité les plus importantes, on pourrait énumérer:

- attention aux coups d'arc,
- attention aux brûlures corporelles, tant par le métal en fusion ou chaud, que par les rayons ultraviolets et infrarouges,
- attention aux personnes travaillant à proximité, en les protégeant par des écrans,
- pas d'eau à proximité,
- etc.

Préalable

Aucun étudiant participant à cette expérience ne doit avoir déjà soudé par le procédé de soudage à l'arc électrique.

CONTENU DU COURS

a) Type simulation

Explications par le professeur: 10 minutes

Démonstration par le professeur: 10 minutes

Questions des étudiants: 5 minutes

Pratique préalable: 10 minutes

Pratique réelle: 24 minutes, c'est-à-dire six périodes de quatre minutes

Repos: 12 minutes, c'est-à-dire six périodes de deux minutes

Test: 5 minutes

Total: 76 minutes

Le participant doit, à la suite de la pratique par simulation, se conformer au test sur le traditionnel. Les conditions d'administration de ce test sont les suivantes:

Explications par le professeur: 10 minutes

Démonstration par le professeur: 5 minutes

Questions des étudiants: 5 minutes

Pratique réelle: 10 minutes

Test: 5 minutes

Total: 35 minutes

GRAND TOTAL: 111 minutes

b) Type traditionnel

Explications par le professeur: 10 minutes

Démonstration par le professeur: 10 minutes

Pratique préalable: 10 minutes

Pratique réelle: 30 minutes, c'est-à-dire six périodes de cinq minutes

Repos: 12 minutes, c'est-à-dire six périodes de deux minutes

Test: 5 minutes

Total: 77 minutes

Le participant doit, à la suite de la pratique traditionnelle, se conformer au test sur le traditionnel. Les conditions d'administration de ce test sont les suivantes:

Explications par le professeur: 10 minutes

Démonstration par le professeur: 5 minutes

Questions des étudiants: 5 minutes

Pratique réelle: 10 minutes

Test: 5 minutes

Total: 35 minutes

GRAND TOTAL: 112 minutes

Le temps requis pour revêtir l'équipement protecteur n'est pas inclus dans le grand total.

c) Type mixte

(Partie simulation)

Explications par le professeur: 10 minutes

Démonstration par le professeur: 10 minutes

Questions des étudiants: 5 minutes

Pratique préalable: 10 minutes

Pratique réelle: 12 minutes (3 périodes de 4 minutes)

Repos: 6 minutes (3 périodes de 2 minutes)

Test: 5 minutes

Total: 58 minutes

(Partie traditionnelle)

Explications par le professeur: 10 minutes

Démonstration par le professeur: 10 minutes

Pratique préalable: 10 minutes

Pratique réelle: 15 minutes. (3 périodes de 5 minutes)

Repos: 6 minutes. (3 périodes de 2 minutes)

Test: 5 minutes

Total: 56 minutes

GRAND TOTAL: 114 minutes

Afin de contrôler les variables temps et situation d'apprentissage, il était nécessaire que toutes les autres variables des cours soient maintenues identiques dans les trois types d'expérimentation. Seule l'utilisation ou non d'un simulateur ou la façon de l'utiliser changeait selon le type. Les variables durée de l'apprentissage, notions théoriques enseignées, habiletés didactiques du professeur pour enseigner cette discipline... ont été contrôlées. Tous les étudiants ont suivi leurs cours ensemble. Seule différait la pratique, soit à l'aide du simulateur, soit à l'aide d'une machine à souder traditionnelle, ou des deux. Au moment de pratiquer, chaque étudiant se dirigeait vers le poste de travail qui lui était assigné.

Nous avons donc, dans ce chapitre, présenté les hypothèses suggérées par les écrits et devant être vérifiées dans cette recherche ainsi que précisé les différents éléments et conditions de l'expérimentation.

Chapitre troisième

La méthode

Dans ce chapitre, nous expliquons comment s'est faite la collecte des données et comment se sont effectués les calculs pour vérifier les hypothèses.

3.1 Cueillette des données

Des contacts ont été pris avec des enseignants oeuvrant à l'éducation des adultes pour l'enseignement du soudage à l'arc électrique. Les personnes contactées enseignent dans des écoles de la région de Montréal. L'expérimentation a commencé en janvier 1983. À cette date, de nouveaux étudiants commençaient l'apprentissage de cette discipline et par le fait même répondaient aux caractéristiques requises pour l'expérimentation.

Une des principales contraintes dans le cadre de cette expérimentation a été de ne disposer que d'un seul simulateur. Un simulateur coûte envir n 4 500$ et à notre connaissance, aucun simulateur n'est utilisé dans les écoles québécoises. Nous avons donc dû assumer le coût de l'achat du simulateur. Il était aussi nécessaire que le contenu d'apprentissage soit relativement court, afin de ne pas perturber de façon indue le cheminement normal d'apprentissage de ces étudiants déjà inscrits dans un programme scolaire.

Chaque sujet a reçu une formation d'environ trois heures,

comprenant quinze minutes de notions théoriques et de sécurité, deux heures et trente minutes de pratique selon la modalité qui lui était aléatoirement déterminée (simulateur, mixte ou traditionnel), ainsi qu'une évaluation pratique des apprentissages totalisant quinze minutes. Rappelons que les cours en éducation aux adultes sont d'une durée de trois heures consécutives. L'expérimentation a débuté en mars 1 983 pour une durée de trois semaines à raison de deux soirs/semaine. L'auteur et u n assistant de recherche dirigeaient tous les sujets lors de leur apprentissage. Chaque sujet devait à la fin de l'expérimentation subir les tests et sur la machine à souder traditionnelle et sur le simulateur, ces résultats devant être évalués par les juges choisis à cet effet.

L'évaluation des apprentissages a été faite en fonction du niveau d'atteinte des objectifs. Afin de quantifier l'atteinte ces objectifs, les principes regroupés sous l'appellation criterion reference testing, ont été suivis. Pour chaque objectif opérationnellement défini, des critères d'évaluation ont été déterminés par le chercheur et les spécialistes du domaine du soudage à l'arc électrique. Ces critères étaient les suivants:

- largeur du cordon (ne devait pas excéder 4 mm),
- épaisseur du cordon (2,5 mm est l'épaisseur souhaitable),
- épaisseur excessive (3,5 mm et plus),

- caniveaux (1 mm de profondeur en n'excédant pas une longueur de 6 mm),
- stries, (devaient être parallèles et régulières),
- bourrelets (ne devaient pas excéder 3 mm en hauteur),
- cratère (ne devait pas excéder 1 mm en profondeur),
- nettoyage de la soudure,
- rectitude.

Un jury de cinq experts évaluaient les soudures réalisées sur les plaques d'acier doux pour chaque sujet de l'expérience. Les membres du jury avaient cinq ans d'expérience du métier en tant que soudeurs, cinq ans d'expérience dans l'enseignement du soudage à l'arc électrique et étaient enseignants en exercice en soudage à l'arc électrique.

Afin d'évaluer les trente travaux des trente sujets, les juges avaient reçu au préalable les critères de réussite des travaux. Pour qu'ils interprètent tous de façon similaire les différents critères d'évaluation, une période d'entraînement a été organisée à leur intention, où divers exercices d'évaluation leur ont permis de se familiariser avec la tâche qu'ils avaient à accomplir. Tout en respectant l'échelle d'évaluation, de 0 pour le moins bon à 10 pour le meilleur, chaque membre du jury évaluait et classait tous les travaux recueillis dans le cadre de l'expérimentation. Chaque travail était numéroté à l'aide d'un marqueur métallique. Cette

identification numérique rendait anonymes pour les correcteurs, les sujets de la recherche. Le classement s'est fait en échelonnant les travaux du meilleur au moins bon, par rapport aux critères d'évaluation définis. Par la suite, l'ordre de classification effectué par chaque juge a été pris en note, et a servi aux calculs nécessaires à la vérification des hypothèses.

Chapitre quatrième

L'étude des résultats

Dans ce chapitre, les résultats obtenus lors de l'expérimentation sont tout d'abord présentés en tableaux. Par la suite, les différents tests statistiques utilisés de même que les calculs relativement à nos données sont expliqués. Finalement, certains calculs statistiques relatifs à nos données y sont aussi présentés.

4.1 Résultats

Rappelons que la vérification statistique des hypothèses de départ s'appuyait sur une mesure réalisée par les juges.

Voici donc dans un premier temps, les résultats bruts accordés par les cinq juges, spécialistes du contenu. Chacun des juges a évalué, individuellement, chaque exercice de soudure selon neuf critères préalablement choisis par le comité du jury. Chaque critère avait une mesure d'évaluation de 0 à 10 points. Sur l'échelle numérique, cinq représentait la note moyenne 0 la plus faible et dix la meilleure.

CRITÈRES	LARGEUR DU CORDON					ÉPAISSEUR DU CORDON					ÉPAISSEUR EXCESSIVE					CANIVAUX					STRIES					BOURRELETS					CRATÈRES					NETTOYAGE DE LA SOUDURE					RECTITUDE				
JUGES / ÉTUDIANTS	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	6	4	9	6	10	6	8	7	7	7	8	10	8	7	10	9	10	10	7	9	5	3	5	6	6	7	10	3	6	10	6	9	8	6	10	6	5	3	6	2	6	6	6	5	8
2	5	6	4	6	10	8	8	4	7	8	8	10	5	7	10	9	10	7	5	5	4	7	1	5	4	7	10	2	6	10	6	10	9	6	4	7	8	5	6	3	7	9	5	7	6
3	5	4	2	6	10	5	8	4	8	8	8	10	9	7	10	8	10	10	6	8	3	5	1	6	4	7	10	8	8	10	4	10	8	7	10	6	8	5	6	3	6	8	6	7	7
4	6	6	7	6	8	7	8	8	6	6	8	10	9	6	6	10	10	10	7	9	8	6	8	6	4	8	10	8	5	8	7	10	6	5	8	7	8	4	6	2	6	3	8	5	6
5	4	0	4	5	2	6	8	8	5	3	7	10	7	5	9	10	10	10	6	10	5	6	4	4	4	6	10	6	4	10	6	10	2	5	9	5	5	1	4	2	6	4	6	5	7
6	6	1	7	8	8	8	9	7	9	10	10	10	5	9	10	9	10	10	0	9	9	9	8	5	10	9	10	7	9	10	6	10	7	9	10	7	8	6	8	3	9	9	6	8	8
7	7	0	8	5	0	7	9	8	8	7	9	10	8	8	10	9	10	10	9	10	8	8	5	6	5	9	10	4	6	10	4	9	1	4	4	7	8	6	6	3	7	9	6	5	7
8	3	0	6	5	3	7	8	6	8	3	8	10	8	8	10	9	10	10	8	9	6	6	4	8	4	7	10	7	9	10	4	5	0	5	3	6	7	4	5	3	6	8	7	6	5
9	7	0	8	7	7	7	7	8	9	3	9	10	7	9	10	9	9	6	0	8	8	7	7	9	8	8	10	6	7	10	4	6	2	6	6	8	9	9	8	6	8	8	6	6	8
10	2	0	7	5	7	5	9	0	5	10	7	10	0	5	10	10	10	10	7	10	7	9	9	9	10	6	10	10	4	10	4	7	0	4	8	7	9	8	7	6	8	9	6	8	9

CRITÈRES	LARGEUR DU CORDON					ÉPAISSEUR DU CORDON					ÉPAISSEUR EXCESSIVE					CANIVAUX					STRIES					BOURRELETS					CRATÈRES					NETTOYAGE DE LA SOUDURE					RECTITUDE				
JUGES / ÉTUDIANTS	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
11	6	2	7	7	10	9	9	7	8	10	10	10	9	7	10	10	10	10	7	9	9	9	8	7	7	9	10	9	6	10	9	10	9	7	9	5	3	5	6	0	7	7	7	6	7
12	6	3	5	7	10	7	9	6	7	10	9	10	6	7	9	10	10	10	7	10	6	5	3	6	4	8	10	6	7	7	5	10	9	7	9	6	1	0	3	4	6	8	6	6	7
13	6	8	4	7	7	6	6	5	8	7	8	10	9	7	9	9	10	10	8	10	5	2	3	6	5	7	10	4	7	9	5	10	4	7	7	7	8	2	7	8	7	8	4	7	7
14	4	0	5	5	10	6	9	6	8	10	9	10	6	6	10	10	10	10	8	10	9	6	9	8	9	8	10	7	4	10	6	10	8	7	10	6	8	4	5	7	9	6	7	6	8
15	7	4	4	7	8	6	9	1	5	8	7	10	6	5	10	10	10	10	7	10	6	5	3	5	7	6	7	0	4	9	6	10	6	6	9	7	8	5	6	6	6	7	5	5	7
16	7	0	4	6	10	8	9	4	7	8	9	10	7	7	10	10	10	10	7	9	7	8	6	7	7	9	10	4	7	10	6	10	5	7	9	8	9	4	7	4	7	6	6	5	7
17	6	0	2	5	4	5	6	5	7	6	9	10	2	7	10	2	3	0	1	0	3	1	1	4	0	7	6	5	8	9	4	10	0	3	8	8	8	8	9	5	8	7	6	8	7
18	1	0	0	4	0	8	7	9	8	8	9	10	9	8	10	10	10	10	7	10	8	7	8	8	7	8	10	9	8	10	6	5	8	7	10	7	6	5	7	3	7	7	7	6	6
19	3	0	0	5	8	9	9	9	8	10	10	10	10	7	10	10	10	10	7	10	8	9	10	9	10	9	10	9	6	10	8	10	10	7	10	7	6	6	7	3	7	9	8	7	8
20	7	2	4	5	8	9	8	6	8	7	10	10	6	8	10	10	10	10	5	9	7	8	7	7	8	8	10	2	7	10	7	10	6	8	10	7	9	6	7	3	5	8	6	5	8

CRITÈRES	LARGEUR DU CORDON					ÉPAISSEUR DU CORDON					ÉPAISSEUR EXCESSIVE					CANIVAUX					STRIES					BOURRELETS					CRATÈRES					NETTOYAGE DE LA SOUDURE				
JUGES / ÉTUDIANTS	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
21	9	3	4	8	10	9	8	5	8	9	9	10	7	8	10	10	10	10	7	9	7	5	4	7	8	8	10	1	7	10	5	8	3	6	4	7	8	6	8	4
22	2	0	5	5	0	4	5	4	7	3	7	10	4	7	10	9	10	10	6	7	2	7	2	6	0	8	10	3	6	10	4	9	3	6	8	4	3	1	3	3
23	6	6	7	5	4	7	6	6	6	4	9	10	9	7	10	10	10	10	4	10	6	4	5	4	3	8	10	9	6	10	6	10	6	5	9	4	2	5	4	0
24	9	7	9	8	10	9	8	7	9	10	9	10	7	8	10	10	10	10	7	9	8	7	4	7	7	8	10	5	8	10	6	8	1	8	5	7	8	5	7	3
25	7	0	4	5	6	7	8	9	7	5	9	10	8	7	10	9	10	10	7	9	6	7	3	6	3	7	10	6	6	10	6	10	6	6	8	6	7	3	5	0
26	6	4	4	5	4	6	8	8	6	4	8	10	6	7	9	8	10	9	4	9	5	3	1	4	2	8	10	8	7	10	4	10	8	7	10	6	6	1	4	2
27	7	3	7	6	10	8	7	4	7	10	9	10	4	6	10	10	10	10	7	10	7	6	8	7	6	9	10	1	6	10	6	10	4	6	10	7	9	2	6	3
28	3	0	1	5	3	4	5	2	6	3	6	10	3	7	9	8	9	5	5	10	4	3	1	5	6	6	10	4	7	10	6	9	2	7	10	4	0	3	4	0
29	3	0	1	5	3	5	8	2	6	4	7	10	3	7	10	9	10	5	5	9	4	5	3	6	3	6	10	4	7	10	5	10	0	6	8	6	5	7	8	3
30	6	0	3	5	2	4	10	2	6	3	7	5	4	5	4	9	10	10	6	5	4	10	5	6	4	6	10	4	7	4	4	8	0	4	1	6	3	7	8	3

Dans les tableaux un, deux et trois, les trente sujets expérimentaux sont numérotés verticalement à gauche par groupe de dix dépendamment d'un des trois programmes de formation suivis. Au haut du tableau et en partant de la gauche, apparaissent les numéros des étudiants et les numéros des juges. Les critères d'évaluation apparaissent au haut de chaque tableau et immédiatement en-dessous de ceux-ci les notes accordées par chacun des cinq juges. Chaque colonne représente la note attribuée par un juge.

4.2 Synthèse des résultats bruts des juges

Les trois tableaux suivants numérotés de quatre à six représentent toujours les étudiants classés selon la méthode qu'ils ont suivies. Ils rapportent la moyenne d'évaluation des critères par les juges ainsi que le rang accordé à chaque étudiant. Notons que ce rang est déterminé par rapport à l'ensemble des sujets.

Tableau IV.- Moyenne des critères par les juges (selon la méthode traditionnelle).

JUGES / ÉTUDIANTS	MOYENNE DES CRITÈRES PAR LES JUGES					MOYENNE DES MOYENNES	RANG
	1	2	3	4	5		
1	6^{6}	7^{2}	6^{5}	6^{2}	8	7	13
2	6^{5}	8^{7}	4^{7}	6^{1}	6^{7}	6^{5}	21
3	5^{8}	8^{1}	5^{9}	6^{8}	7^{8}	6^{8}	17
4	7^{4}	7^{9}	7^{6}	5^{8}	6^{3}	6^{4}	24
5	6^{1}	7	5^{3}	4^{8}	6^{2}	5^{9}	29
6	8^{1}	8^{4}	7	8^{6}	8^{7}	8^{1}	1
7	7^{4}	8^{1}	6^{2}	6	6^{2}	7^{1}	10
8	6^{2}	7^{1}	5^{8}	6^{9}	5^{6}	6^{4}	24
9	7^{6}	6^{2}	6^{7}	7^{6}	7^{2}	7^{3}	7
10	6^{2}	8^{1}	4^{2}	6	8^{8}	6^{7}	18

Tableau V.- Moyenne des critères par les juges (selon la méthode mixte).

JUGES / ÉTUDIANTS	MOYENNE DES CRITÈRES PAR LES JUGES					MOYENNE DES MOYENNES	RANG
	1	2	3	4	5		
11	8^{2}	7^{8}	7^{9}	6^{8}	8	7^{7}	6
12	7	7^{2}	5^{7}	6^{3}	7^{3}	6^{7}	20
13	6^{7}	8	5	7^{1}	7^{1}	6^{8}	19
14	7^{4}	7^{7}	6^{9}	6^{3}	8^{8}	7^{5}	8
15	6^{8}	7^{8}	4^{4}	6^{1}	8	6^{5}	23
16	7^{9}	8	5^{6}	6^{7}	8^{2}	7^{3}	11
17	5^{8}	5^{7}	7^{3}	5^{8}	5^{4}	5^{1}	30
18	7^{1}	6^{9}	7^{2}	7	7^{1}	7^{1}	15
19	7^{9}	8^{1}	8	7	8^{8}	8	3
20	7^{8}	8^{1}	5^{9}	6^{7}	8^{1}	7^{3}	11

Tableau VI.- Moyenne des critères par les juges (selon la méthode simulation).

JUGES / ÉTUDIANTS	MOYENNE DES CRITÈRES PAR LES JUGES					MOYENNE DES MOYENNES	RANG
	1	2	3	4	5		
21	8	7^{7}	4^{9}	7^{2}	8	7^{2}	4
22	4^{8}	6^{4}	4^{4}	5^{6}	4^{9}	5^{1}	26
23	7^{1}	7^{2}	7^{1}	5^{1}	6^{3}	6^{4}	14
24	8^{1}	8^{3}	5^{9}	7^{5}	7^{9}	7^{6}	2
25	7^{1}	7^{9}	6^{1}	6^{2}	6^{3}	6^{7}	9
26	6^{3}	7^{6}	5^{7}	5^{4}	6^{3}	6^{3}	16
27	7^{8}	8^{1}	5	6^{4}	8^{4}	7^{2}	4
28	5^{1}	6^{5}	2^{8}	5^{8}	6^{4}	5	28
29	5^{7}	7^{1}	3^{1}	6^{2}	6^{3}	5^{7}	22
30	5^{4}	6^{8}	4^{2}	5^{7}	3^{4}	5^{1}	27

Au haut de ces trois tableaux, les chiffres de un à cinq représentent le numéro de chaque juge et sous ces chiffres les moyennes accordées par chaque juge à chaque étudiant. Juxtaposé, on peut lire la moyenne des moyennes. Dans cette colonne, le chiffre représente la note moyenne de tous les juges pour l'étudiant identifié par un numéro à l'extrême gauche du tableau. A l'extrême droite, apparaît le rang obtenu par chaque étudiant sur trente. Le rang numéroté un représente la meilleure performance tandis que le rang numéroté trente représente la moins bonne performance. Lorsque deux ou plusieurs sujets avaient le même score, nous donnions le même rang à ces sujets et le rang du score suivant décalait d'autant de rangs.

4.3 Fidélité inter-juges

A plusieurs reprises, dans le cadre du premier chapitre, la fidélité inter-juges a été remise en cause. Plusieurs spécialistes du soudage à l'arc électrique considèrent que la notation entre les juges est très variable et relève pour une certaine part du hasard. Avant d'utiliser les mesures fournies par les juges pour la vérification des hypothèses de cette recherche, nous avons vérifié s'il y avait fidélité entre les évaluations des cinq (5) juges. Afin de vérifier cette fidélité entre les juges, nous avons utilisé le coefficient de concordance de Kendall dit "W de Kendall" (Siegel, 1956, pp. 228-238). Siegel

fournit, à la page 232 et suivantes, un exemple d'utilisation de ce test. Il l'utilise alors pour déterminer la concordance des évaluations faites par treize juges relativement au comportement de parents par rapport à leurs enfants en difficulté d'apprentissage. Ce problème rapporté par Siegel est similaire au problème de concordance de nos cinq juges. De plus, l'auteur dans son tableau de classification relatif aux caractéristiques d'utilisation des différents tests statistiques non-paramétriques précise que ce test s'applique à des données ordinales. Rappelons que nos données sont par intervalles mais que l'auteur ne présentant aucun test pour ce niveau de données, nous pouvons utiliser dans un tel cas un niveau de test pour des données ordinales. Il nous a semblé que ce test soit celui qui réponde le mieux à nos besoins. Le tableau suivant fournit la synthèse des calculs effectués afin de vérifier la concordance de l'évaluation entre les cinq juges.

TABLEAU VII

SUJETS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	76	72	82	78	31	128	75	58	91	70	116	71	82	100	66
X_2	94	9,18	48,58	8,82	1938,64	2805,82	8,99	290,02	255,04	25,30	1678,54	16,24	48,58	623,50	81,54
SUJETS	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
RI	101	42	86	129	104	96	15	60	129	73	46	98	25	34	17
X_2	674,44	1090,98	120,34	2912,16	839,26	439,74	3603,62	225,90	2912,76	4,12	842,74	527,62	2503,0	1683,46	3367,48

$\Sigma RI = 2251$

$X_2 = \left(RI - \frac{\Sigma RI}{N}\right)^2$

RI = Total des rangs pour un sujet attribués par les juges

S = Somme des $\left(RI - \frac{\Sigma RI}{N}\right)^2$ de chaque sujet

K = Nombre de juges (5)

N = Nombre de sujets (30)

$$W = \frac{S}{1/12\ K^2\ (N^3 - N)}$$

$$W = \frac{29578}{1/12\ (5)^2\ \left[(30)^3 - 30)\right]}$$

$W = 0,53$

Degré de liberté = N - 1
= 30 - 1
= 29

Comme au-dessus de sept (7) sujets, possibilité d'utiliser la table des Khi_2

$X^2 = K\ (N - 1)\ W$

$X^2 = 5\ (30 - 1)\ 0,53$

$X^2 = 76,85$

$P < 0,001$

Conclusion: Selon la table des Khi^2 (Siegel, 1956, p. 249) il s'avère que pour un $x^2 = 58.30$ avec un degré de liberté de 29 que $P = .001$. Par conséquent notre x^2 étant supérieur à 58.30, la probabilité que les juges aient répondu au hasard est inférieure à .001.

Afin de vérifier la probabilité des résultats obtenus, nous avons effectué une transformation du W de Kendall qui nous permet d'utiliser la table de probabilité du Khi 2. Comme le précise Siegel, cette utilisation est possible lorsque le nombre de sujets est supérieur à sept. On constate donc qu'il y a une forte concordance de l'évaluation entre les cinq juges et il y a une probabilité inférieure à un sur mille pour que les juges aient noté au hasard. On peut donc s'interroger sur la pertinence des informations et commentaires rapportés dans le premier chapitre à l'effet que les juges donnent des notes un peu au hasard. Précisons tout de même que dans le cadre de la présente expérimentation, l'évaluation était faite en fonction de critères précis. C'est ainsi que cette façon de procéder a pu jouer un rôle positif relativement à l'évaluation. Finalement, précisons que ce test ne vérifie pas la moyenne des évaluations portées par les juges mais plutôt l'ordre de celles-ci. Indépendamment de la valeur de la note, le sujet qui est considéré excellent par un juge l'est aussi par les autres et celui qui est considéré faible par un juge l'est aussi par les autres.

4.4 Vérification des hypothèses

Il s'agit maintenant de vérifier le bien fondé des hypothèses précédemment formulés. Il faut donc comparer statistiquement les résultats des différents groupes expérimentaux afin de vérifier

s'ils diffèrent en probabilité. Rappelons que les hypothèses de la présente recherche s'énonçaient comme suit:

Première hypothèse

Pour l'enseignement du soudage à l'arc électrique, l'utilisation d'un simulateur est aussi efficace en terme d'atteinte des objectifs cognitifs et psychomoteurs poursuivis que l'utilisation d'équipement réel.

Deuxième hypothèse

Un enseignement mixte, intégrant l'utilisation de la réalité et celle d'un simulateur, est aussi efficace en terme d'atteinte des objectifs cognitifs et psychomoteurs que la réalité seule ou que la simulation seule.

4.41 Moyennes et écarts-types de chaque groupe expérimental

Afin de vérifier les deux hypothèses, il faut comparer statistiquement les résultats obtenus par les sujets d'un groupe à ceux des deux autres groupes. On considèrera qu'il y a différence statistiquement significative lorsque le seuil de probabilité est égal ou inférieur à 0,05. Ce seuil de probabilité est celui qui est généralement accepté pour des recherches en éducation telles que la nôtre.

Les trois prochains tableaux rapportent la moyenne provenant de 45 notes c'est-à-dire neuf critères notés sur une échelle de 0 à 10 points, évaluée par cinq juges ce qui donnent une possibilité maximum de 450 points pour cha que étudiant. Apparaît sous la colonne No des étudiants, le numéro d'identification correspondant à un étudiant de ce groupe. Dans la colonne de droite et vis-à-vis chaque numéro d'identification apparaît la moyenne des 45 notes. Les moyennes apparaissant ont été rapportées sur 10 et arrondies à une décimale près. Au bas de la colonne apparaît la moyenne de ces 10 moyennes elles aussi rapportées sur 10 et arrondies à une décimale près.

Faisant suite à la moyenne, apparaît l'écart type. Celle-ci est une mesure de dispersion. Le choix d'une mesure de la tendance centrale telle que la moyenne et d'une mesure de la dispersion telle que l'écart type furent faites suite aux commentaires de Gilbert (1978, p. 46): "Pour résumer un ensemble de résultat, il est nécessaire de donner deux mesures: une qui traduit le centre de la distribution (la moyenne, la médiane et le mode) et une autre qui traduit la dispersion ou l'éparpillement des données."

En effet, il nous semble important d'avoir ces deux types de mesures pour pouvoir analyser avec pertinence les résultats ..tenus.

La moyenne et l'écart type permettent de situer un résultat par rapport à l'ensemble des résultats. Par exemple, considérons deux groupe de résultats ayant chacun une même moyenne soit 7. Dans le premier groupe, l'écart type serait de 0.2 et dans le second de 1.0. Si on considère un résultat de 8.0, il n'aura pas la même signification pour les deux groupes. Dans le premier groupe, l'écart type étant de 0.2 et la moyenne de 7, un résultat de 8 indique une différence de 5 écart type. Un tel décallage se présentera en probabilité qu'environ une fois sur 10,000 (approximativement). Dans le second groupe, la moyenne est la même soit 7 et le résultat considéré identique soit 8. Par contre, l'écart type est de 1, par conséquent 8 se situe à un seul écart type de la moyenne. C'est ainsi que ce cas est beaucoup plus fréquent, c'est-à-dire, environ une fois sur trois (approximativement). On peut donc constater à la lumière de cet exemple qu'il est nécessaire d'associer une mesure de dispersion à une mesure de tendance centrale afin d'analyser avec pertinence les différents résultats d'un ensemble de données.

L'écart type tout comme la variance sont des mesures de dispersion préviliégiées à cause de leurs fondements mathématiques. Afin de calculer l'écart type de l'échantillon, on a utilisé la formule suivante:

$$Sx = \sqrt{\frac{\Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{N}}{N - 1}}$$

chacune des 10 moyennes= X

nombre de moyennes= N

Chacun des trois tableaux suivants représente un mode d'apprentissage utilisé dans le cadre de cette recherche.

Tableau VIII Moyenne de chaque étudiant calculée d'après les notes attribuées par chaque juge pour chaque critère: apprentissage traditionnel.

N° DES ÉTUDIANTS		MOYENNE/10
2		7
6		6.5
7		6.8
11		6.4
12		5.9
16		8.1
27		7.1
28		6.4
29		7.3
33		6.7
	MOYENNE	6.8
	ÉCART TYPE	0,61

Tableau IX Moyenne de chaque étudiant calculée d'après les notes attribuées par chaque juge pour chaque critère: apprentissage mixte.

Nº DES ÉTUDIANTS		MOYENNE/10
3		7.7
8		6.7
9		6.8
17		7.5
21		6.5
22		7.3
23		5.1
30		7.1
31		8.0
32		7.3
	MOYENNE	7.0
	ÉCART TYPE	0.81

Tableau X Moyenne de chaque étudiant calculée d'après les notes attribuées par chaque juge pour chaque critère: apprentissage simulation.

Nº DES ÉTUDIANTS		MOYENNE/10
4		7.2
5		5.1
10		6.4
13		7.6
18		6.7
19		6.3
20		7.2
24		5.0
25		5.7
26		5.1
	MOYENNE	6.2
	ÉCART TYPE	0.96

Rappelons que pour vérifier le bien fondé des deux hypothèses de cette recherche, on doit comparer les résultats obtenus par les étudiants d'un groupe aux résultats obtenus par les étudiants des deux autres groupes. Cette comparaison statistique se doit de vérifier si la différence de moyenne entre chacun des trois groupes est tout simplement dû au hasard ou si elle représente un niveau de probabilité suffisamment élevé; 0.05 dans le cadre de cette recherche; pour considérer que la différence des moyennes ne serait pas dûe au hasard. Comme le signale Dayhaw (1979, p. 405):

> "Quand nous n'avons que deux groupes de sujets à comparer, les techniques du "rapport critique" ou du "rapport t" sont généralement suffisantes pour éprouver la valeur significative de leur différence."

Par contre, comme le précise l'auteur, si l'augmentation du nombre de groupes de sujets augmente, cette forme de comparaison peut devenir rapidement prohibitive à réaliser. Il suggère donc "la technique de l'analyse de la variance" qui permet d'examiner la signification de toutes ces différences à la fois. Il définit l'analyse de la variance comme suit:

> "c'est de comparer deux estimations de la variance de la population totale pour le trait examiné: l'une se base sur la variabilité des moyennes des groupes; l'autre se base sur la variabilité des individus eux-mêmes de l'échantillon total. Notons d'abord que ces deux estimations doivent être indépendantes l'une de l'autre. Notons en second lieu, qu'il s'agit de la variance dans la population totale et non de la variance dans l'échantillon total (p. 406)."

Afin de confirmer ou d'infirmer nos hypothèses de recherche,

il faut vérifier s'il y a différence statistiquement significative entre les trois groupes expérimentaux. Pour réaliser cette vérification statistique, nous utiliserons un test d'analyse de la variance à un facteur de classification. Cette vérification est faite à partir des évaluations recueillies auprès des juges.

Le tableau suivant rapporte la synthèse des calculs nécessités par la technique de l'analyse de la variance.

La variance totale est calculée par la formule suivante:

$$\Sigma X^2 - T^2/N$$

ΣX^2 =somme des carrés de chaque résultat indépendamment des groupes

T^2 =somme des totaux des résultats de chaque groupe élevée au carré

N =nombre de résultats

La variance inter-groupe est calculée par la formule suivante:

$$(\Sigma T^2_k)/N - T^2/N$$

ΣT^2_k =pour obtenir cette information, on prend pour chaque groupe le total des résultats que l'on élève au carré. Par la

suite, on additionne ces résultats pour tous les groupes. La variance intra-groupe est calculée par la formule suivante:

$$\Sigma X^2 - (\Sigma T^2_k)/N$$

Dans la troisième colonne du tableau suivant, on écrit le degré de liberté pour chaque source de variation:

variance inter-groupes= K-1

nombre de groupes= K

variance intra-groupes= (N-1)K

nombre de sujets par groupe= N

Dans la quatrième colonne apparaît l'estimation de la variance. Cette estimation de la variance est calculée par la division du nombre apparaissant dans la deuxième colonne par celui apparaissant dans la troisième. Finallement, "F" se calcule par la division de l'estimation de la variance inter-groupe par l'estimation de la variance intra-groupe. La probabilité que les résultats diffèrent aléatoirement d'un groupe à l'autre s'obtient par la consultation d'une table ad hoc. Pour la consultation de cette table, on doit tenir compte des deux degrés de liberté rapportés dans le tableau et du rapport "F".

Tableau 1: Comparaisons statistiques des performances des trois groupes expérimentaux à partir de l'évaluation réalisée par les cinq juges.

	Somme des carrés	Degré de liberté	Estimation de la variance
Inter-groupe	3,25	2	1,62
Intra-groupe	17,58	27	0,65
Total	20,83	29	

F = 2,49
P = 0,90

Tableau 11

Nous constatons donc qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative. Par conséquent, chaque groupe expérimental peut donc être considéré comme statistiquement égal et les trois (3) méthodes de formation comme étant aussi efficaces l'une que l'autre. Ces résultats sont réalisés à partir des évaluations des juges.

4.5 <u>Analyse qualitative</u>

Dans les lignes qui suivent, on interprète les conclusions statistiques calculées par rapport à deux facteurs bien précis à savoir:

- sur la fidélité des juges entre eux;
- sur les hypothèses;

4.51 La fidélité des juges entre eux

Comme nous l'avons mentionné dans le premier chapitre, l'évaluation des travaux pratiques au secteur professionnel est un problème qui se présente avec une acuité très marquée. Il arrive souvent qu'un enseignant de ce secteur qui doit évaluer le travail d'un étudiant se base sur sa propre réussite pour porter un jugement. Si l'on demande à quatre ou cinq enseignants de faire l'évaluation sur un travail donné, les juges choisis pour former le comité d'évaluation sont portés à dire que l'évaluation sera différente d'un enseignant à l'autre. Généralement, l'évaluation fournie par les enseignants est un jugement global et non un jugement basé sur des critères comme ceux que nous avons utilisés. D'où vient l'idée que, selon les juges, l'évaluation devrait être différente. Ceci est tout simplement une opinion donnée par les juges mais qui ne s'appuie sur aucune donnée expérimentale. Or, si l'on regarde de plus près les résultats d'évaluation des exercices faits lors de l'expérimentation, nous remarquons que les juges sont fidèles entre eux. Cette fidélité est réelle même si, au départ, nous avions établi des critères bien précis en regard de la performance visée. Pour porter un tel jugement, nous constatons sur les résultats que les juges ne donnent pas tous les mêmes pourcentages. Le jugement porté alors en est un global. Donc si un juge est plus sévère pour un sujet il le sera probablement pour tous les autres sujets. L'inverse est aussi vrai, c'est-à-dire, celui qui est moins sévère pour un sujet

le sera probablement pour tous les autres sujets. Si l'on pouvait représenter ceci à l'aide de courbes sur un graphique, les pourcentages seraient différents bien sûr mais les courbes seraient sensiblement parallèles entre elles. En d'autres mots, dans la réalité, la note est différente mais par contre l'ordre de classification des sujets par les juges est relativement semblable. La question d'une bonne fiabilité entre les juges, tel qu'on peut le constater au tableau 13 s'articule autour de trois facteurs très importants:

1. des critères précis ont été choisis et retenus par un comité formé de cinq (5) juges et du chercheur principal;

2. préalablement à l'évaluation, les juges avaient reçu une séance de formation pour le travail qu'ils auraient à accomplir;

3. les juges étaient enseignants depuis quelques années en soudage et possédaient une expérience industrielle pertinente en tant que soudeur de carrière.

Pour la formation du jury, il était important que les juges soient des personnes émanant du milieu, c'est-à-dire enseignant à plein temps depuis plusieurs années dans la spécialité et possédant une expérience industrielle d'environ dix ans. C'est ainsi que tous ensemble, nous avons énuméré les différents points sur lesquels il était possible de créer une grille d'évaluation à partir des critères nécessaires pour

procéder à une évaluation la plus complète possible. Certains exercices servant à habiliter les juges à leur tâche ont été réalisés à cette fin.

Tous les juges avaient reçu la même information pour chacun des critères d'évaluation en présence. Ils pouvaient, pensons-nous, ainsi porter un jugement objectif et éclairé.

4.3.2 Les hypothèses

Dans le premier chapitre, nous avions fait une analyse des avantages et des désavantages de l'utilisation de la simulation comme moyen d'enseignement du soudage à l'arc électrique. Nous pouvions en déduire à ce moment que l'emploi d'un simulateur pour l'enseignement de cette matière serait pertinent. Les résultats de notre expérimentation nous ont démontré que, selon les objectifs poursuivis, le simulateur choisi répondait assez bien à nos besoins. La population cible était adulte et de plus débutante dans cette discipline. Il s'est avéré que la simulation réalisée à l'aide de ce simulateur était un moyen d'apprentissage aussi efficace que la réalité. Il nous avait été donné de lire qu'une autre recherche poursuivie pour les besoins de la marine américaine par Macy L. Abrams et al. (1973) donnait aussi les mêmes résultats, même si les simulateurs étaient de construction et de fonctionnement différents. Même si le simulateur utilisé pour les fins de notre expérimentation n'est pas meilleur pour l'atteinte des

objectifs d'apprentissage, il est statistiquement aussi efficace que la réalité. De plus, il présente des avantages importants sous trois aspects pédagogique, économique et sécuritaire.

. Aspect pédagogique

Le simulateur donne à l'étudiant l'avantage de travailler seul et lui fournit sur le champ, un feedback facilement interprétable sur sa performance, ce qui favorise un enseignement individualisé. L'étudiant peut donc s'auto-corriger au fur et à mesure de son apprentissage. Par contre, nous pouvons dire que les avantages pédagogiques découlent surtout des aspects économiques et sécuritaires, qui ont pour conséquence de permettre un plus grand nombre d'heures de pratique pour des coûts identiques à la réalité.

. Aspect économique

Il est indéniable que l'utilisation d'un simulateur présente des avantages considérables au point de vue économique. Lorsque l'étudiant s'est habilité sur le simulateur à manier le porte-électrode, à conserver la longueur d'arc et à garder la position de l'angle de soudage, il peut alors se servir de la machine à souder traditionnelle le danger de causer du dommage à l'équipement est ainsi réduit. Etant donné que tout le travail en simulation n'exige pas de vêtements

particuliers, ou du moins n'abîme pas les vêtements, une autre économie est faite. Le local utilisé pour l'apprentissage peut être très petit, vu le volume de l'appareil, et ne nécessite pas de système d'évacuation des gaz et des fumées, non plus qu'un entourage à l'épreuve des flammes. La consommation d'énergie est presque nulle, et il n'y a pas consommation de matériaux, c'est-à-dire électrode et métal de base. Ces derniers points viennent enrichir d'autant l'aspect économique et favorise ce moyen d'enseignement. Le remisage et le transport sont aussi deux éléments à ne pas négliger.

. Aspect sécuritaire

Avec un simulateur, tout ce qui touche de près ou de loin aux dangers de coups d'arc ou de brûlures est inexistant. Le simulateur ne procuisant pas de fumée ou de gaz, les problèmes d'empoisonnement sont aussi enrayés.

CONCLUSION

Cette recherche a été faite afin de vérifier s'il était possible d'apprendre le soudage à l'arc électrique par un autre moyen que celui utilisé traditionnellement, c'est-à-dire, la simulation.

Il en ressort à la suite de ce travail, selon les résultats obtenus, qu'il n'y ait aucune différence significative entre les deux formes d'apprentissage. En d'autres mots, peu importe la méthode traditionnelle ou la méthode par simulation, la performance finale est sensiblement la même.

Il est à noter que, même au coût d'achat assez élevé pour un tel simulateur, il serait peut-être rentable à long terme à cause de l'économie surtout au niveau de la matière première. Il faut aussi penser à l'économie que comprend généralement la mise en place d'équipement pour le soudage à l'arc électrique selon la méthode traditionnelle.

Par contre, si on pensait à utiliser un tel système, à savoir un simulateur, il serait souhaitable d'en posséder un qui présenterait une construction plus robuste tant au point de vue électronique qu'au point de vue bâti.

Nous espérons que cette recherche portera ses fruits et incitera d'autres personnes à approfondir la question et ainsi trouver d'autres moyens plus efficaces et plus précis pour l'enseignement de cette matière.

BIBLIOGRAPHIE

Abrams, M. L., Safarjan, W. R., Wells, R. G. (1973). Description and preliminary training evaluation of an arc welding simulator. Naval Personnel and Training Resarch Laboratory, San Diego, California 92152, A Laboratory of the bureau of naval personnel. ERIC ed102361

Adamson, T., Tittle C. K., Cohen, L. eq. (1979). Handbook of Vocational Education Evaluation. Sage Publications inc: Beverly Hill

Anderson, R. H. (1976). Selecting and Developing Media for Instruction. Van Nostrand Reinnold co: New York

Bellows, R. M. (1954). Psychology of Personnel in Business and Industry. Prentice-Hall: New York

Bertalanffy, L. von (1973). Théorie générale des systèmes. Dunod: Paris.

Collacott, R. (1973). Simulators International Guide. Gower reference publications: Essex, Britain

Daynaw, L. T. (1979). Manuel de statistique. Presses de l'Université d'Ottawa: Ottawa

Gilbert, N. (1978). Statistiques. Les éditions HRW: Montréal

Ghiselli, E. and Brown, C. (1955). Personal and Industrial Psychology. Mc Graw Hill: New York

Isaac, S. and Michael W. B. (1975). Handbook in Research and Evaluation. Edits publishers: San Diego

Linton, M. and Gallo, S. G. (1975). The Practical Statistician: Simplified Handbook of Statistics. Wadsworth Publishing Co.: California

Mucchielli, R. (1974). L'analyse de contenu des documents et des communications. Edition ESF: Paris

Poole, T. and Szymankiewicz, J. (1977). Using Simulation to Solve Problems. McGraw Hill: New York

Stauskiev, R. (1974). Handbook of Simulation Gaming in Social Education. (Part 1: Texbook). Institute of Higher Education Research and Services, University of Alabama: Alabama

Sauvé, L. (1981). Question-synthèse: simulation. Travail présenté aux membres du jury pour l'examen général du doctorat, Section de technologie éducationnelle, Université de Montréal, Travail non publié.

Siegel, (1956). Non parametric statistics. Mc Graw Hill: New-York

Wheatcroft, E. C. (1973). Simulators for Skill. Mc Graw Hill: New York

Wrigata, G. H. (1974). Public Sector Employment Selection. Chicago: International Personnel Management Association. in Abramson (1979) page 256.